

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ І.Р. Пархомей
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Розробка компонентів управління АРТЗ

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-81мп
(шифр групи)

_____ Горілий Андрій Валентинович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник _____ к.т.н., доцент, Тимошин Ю.А. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____ НК _____ к.т.н., доцент, Пасько В.П. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

І.Р. Пархомей

(підпис)

« » 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Горілій Андрій Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Розробка компонентів управління АРТЗ»,
науковий керівник дисертації Тимошин Юрій Афанасійович, доцент, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «28» Жовтня 2019 р. № 3770-с
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: Антропоморфний роботизований транспортний засіб
4. Предмет дослідження: Моделі кінематики, динаміки та методи управління АРТЗ
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз існуючих моделей АРТЗ, аналіз методів управління АРТЗ
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: шість плакатів
7. Орієнтовний перелік публікацій: дві публікації
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
НК	Пасько В.П., доцент		
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз предметної області	12.09.2019 р.	
2	Постановка задачі	15.09.2019 р.	
3	Аналіз існуючих систем	22.09.2019 р.	
4	Аналіз методів управління АРТЗ	24.10.2019 р.	
5	Маркетинговий аналіз стартап-проекту	12.11.2019 р.	
6	Висновки	16.11.2019 р.	

Студент
(підпис)

(ініціали, прізвище)

Горілий А.В.

Науковий керівник дисертації
(підпис)

(ініціали, прізвище)

Тимошин Ю.А.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: *Розробка компонентів управління АРТЗ*

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ КІНЦІВКАМИ.....	37
РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРУВАННЯ УПРАВЛІННЯ АРТЗ ПО РІВНЯХ.....	44
РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	48
ВИСНОВОК.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	67

Вступ

З великою кількістю багатообіцяючих останніх робіт на роботах з гуманоїдів, ці системи стають все ближчими до роботи поряд з людьми вдома та на робочому місці. Механічні вдосконалення багатьох найсучасніших гуманоїдів постійно відбуваються, щоб підштовхнути потенційні програми, які вони можуть надати. Крім механічних удосконалень, контроль над цими системами продовжує прогресувати, наприклад, забезпечуючи інтуїтивну взаємодію людини з роботами, стабільне рухоме пересування по слабо нерівній місцевості та збалансування відновлення від порушень навколишнього середовища.

Незважаючи на ці зусилля, гуманоїдні роботи все ще мало можливостей для швидких динамічних рухів, таких як стрибки або стрибки. Ці типи рухів потребують узгодженої взаємодії між багатьма ступенями свободи, щоб керувати швидкими обмінами кінетичної та потенційної енергій на етапах стояння та польоту. Стійке виконання цих рухів ще більше ускладнюється короткими періодами стояння, під час яких великі наземні сили в системі повинні управлятися в межах їх тертя та однонаправлених меж, щоб забезпечити коригуючі взаємодії. Як основний динамічний рух, стрибок надає платформу для оцінки підходів управління для динамічного руху без необхідності звертатися до більш складних фаз кінцівок, знайдених у похідних рухах, таких як біг. Майбутнім гуманоїдам, що діють у складних умовах, знадобляться агресивні рухи, такі як стрибок для усунення перешкод або переходу ділянок з широко відокремленими опорами. Контроль хмелю раніше досліджували у двоногих, де спеціалізовані сумісні виконавчі пристрої використовувались для зберігання та повернення енергії в систему під час стояння. Тут, натомість, сумісна динаміка імітується у гуманоїда завдяки використанню на основі фізики пружинного перевернутого маятникового моделю для створення опорної динаміки для гуманоїдного центру маси. Такий

підхід дозволяє здійснювати безперервні стрибки вперед та керує спільною координацією за допомогою використання контролера простору завдань для вибору спільних моментів. Результати показані для повного сканування в 3D в симуляції з гуманоїдом 26 градусів свободи.

Гуманоїдний робот - це робот із своєю формою тіла, побудований так, що нагадує тіло людини. Конструкція може бути призначена для функціональних цілей, таких як взаємодія з людськими інструментами та середовищами, для експериментальних цілей, таких як дослідження двоходового руху. Взагалі у роботів є тулуб, голова, руки і ноги, хоча форми роботів можуть моделювати лише частину тіла, наприклад, від попереку вгору. Гуманоїдні роботи також мають голови, призначені для відтворення рис обличчя людини, таких як очі та рот. Андроїди - це гуманоїдні роботи, побудовані для того, щоб естетично нагадувати людей. Гуманоїдні роботи зараз використовуються як інструменти дослідження в декількох наукових областях. Дослідники вивчають будову та поведінку тіла людини (біомеханіка) для побудови гуманоїдних роботів. З іншої сторони, намагання імітувати людський організм призводить до більш детального його розуміння. Пізнання людини - це сфера дослідження, яка зосереджена на тому, як люди навчаються сенсорній інформації з метою набуття перцептивних та рухових навичок. Ці знання використовуються для розробки обчислювальних моделей поведінки людини, і вони з часом удосконалюються. Висловлюється думка, що дуже розвинена робототехніка сприятиме зміцненню звичайних людей.

Хоча початковою метою гуманоїдних досліджень було побудувати кращі ортези та протези для людини, знання були передані між обома дисциплінами. Деякі приклади - протезування ноги при нервово-м'язових порушеннях, ортез голеностопного суглоба, біологічно реалістичний протез ніг та протез передпліччя.

Окрім досліджень, роботи розробляються для виконання таких завдань людини, як особиста допомога, завдяки якій вони повинні мати можливість надава

ти допомогу хворим і людям похилого віку, а також брудні чи небезпечні роботи. Гуманоїди також підходять для деяких покликаних на процедурі покликань, таких як адміністратори реєстратури та працівники автомобільної лінії. По суті, оскільки вони можуть використовувати інструменти та керувати обладнанням та транспортними засобами, призначеними для людської форми, гуманоїди теоретично могли виконувати будь-

які завдання, які може мати людина, якщо вони мають належне програмне забезпечення. Однак складність цієї роботи величезна.

Вони також стають все більш популярними як розважаючі.

Різні роботи та їх можливі застосування у повсякденному житті представлені у незалежному документальному фільмі під назвою Plug & Pray, який вийшов у світ у 2010 році.

Роботи гуманоїди, особливо ті, що мають алгоритми штучного інтелекту, можуть бути корисними для майбутніх небезпечних та / або далеких космічних місій, не потребуючи знову повертатися назад та повертатися на Землю, коли місія буде завершена.

Мета та завдання дослідження.

Метою даної дисертації виступає розробка модулю керування антропоморфним роботом.

Для досягнення поставленої мети у дисертації необхідно виконати низку завдань:

- здійснити огляд типів та конструкцій антропоморфного робота;
- провести аналіз публікацій за темою магістерської дисертації;
- виконати постановку завдання дослідження;
- навести опис устрою та роботи антропоморфного робота;
- розробити функціональну схему та механізми управління роботом;
- розробити стартап проекту.

Об'єкт та предмет дослідження.

Об'єктом дисертації виступає антропоморфний робот.

Предметом є процес керування антропоморфним захватом промислового робота. Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи наукового пізнання. Системний аналіз, дедуктивний та індуктивний методи використовувалися при визначенні суті понять «антропоморфний захват», «промисловий робот».

РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Загальний принцип проектування

Гуманоїдні роботи - це складні мехатронні системи. Як таке, слід розглядати механічну структуру, обчислювальну систему та алгоритми як цілому і для даного додатку. Розмір, вага та сила робота - важливі фактори при розробці його структури. Розглянемо два загальні класи програми: фізичні показники під час створення руху та валідації біологічних та / або когнітивних моделей. Робот ATLAS від Boston Dynamics є приклад першої категорії, тоді як робот Kenshiro з Токійського університету є прикладом другої категорії.

Коли мета полягає у тому, щоб мати робота з швидкістю ходіння швидкості близько 2 - 3 км / год, знання про роботів, що йдуть, таких як роботи HRP-роботів від Kawada Industries або робота LOLA з Мюнхенського технологічного університету, показує, що є дві механічні точки враховувати масовий розподіл з одного боку, а небажані механічні резонанси - з іншого. Останній пункт передбачає придушення відповідності на рівні стиків і ланок. З цієї причини більшість роботів-гуманоїдів є дуже жорсткими для досягнення високої точності контролю. Коли взаємодія людина-робот є головним обмеженням на етапі проектування, точність управління не є основною метою. Рівень безпеки, необхідний для фізичної взаємодії з людиною, потім отримують шляхом введення в передачі виконавчих механізмів з малою потужністю та гнучкими механізмами. Існує конструкція роботів, яка намагається синтезувати кілька обмежень з більш конкретними. цілі. Наприклад, гуманоїдний робот HRP-4 легший (39 кг) розміром 1,5 м з 34 ступенями свободи (DoFs). Це результат компактної силової електроніки та каркаса, виготовленого з вуглецевого волокна. Недоліком є те, що сегменти робота є більш гнучкими, а приводи з низькою потужністю обмежують навантаження, яку може утримувати робот.

1.1.1 Масовий розподіл

Баланс - приклад співвідношення між керуванням, обчислювальними можливостями та механічною структурою. Для робочих пішохідних роботів, що розвиваються на рівних поверххах, головним критерієм балансування є точка на землі, де немає імпульсу кута. Цей пункт називається Центром тиску. Для підтримання рівноваги гуманоїдного робота, що розвивається на рівній землі, необхідно знайти в режимі реального часу контроль, що дозволяє тримати КП всередині опуклого корпусу точок контактів на землі. Щоб ефективно вирішити пов'язану задачу управління, зазвичай передбачається, що робот поводить як модель точкової маси. Це припущення справедливо, коли кінцівки робота легкі і коли розподіл маси зосереджено на талії. Потім Центр Маса (CoM) глобально фіксується щодо талії. Якщо це припущення не є дійсним, тоді для управління потрібно використовувати більш складні моделі, які важче вирішити. Точніше, диспетчерам потрібно розглянути модель три маси, коли маса ніг не є незначною, або модель з п'ятьма масами, якщо руки теж занадто важкі. Такі моделі потребують більш складних прийомів управління.

Наприклад, команді з Мюнхенського технологічного університету довелося переробити проектну стадію разом зі своїм крокуючим роботом LOLA для поліпшення розподілу маси. Розподіл маси залежить головним чином від приводів. Для обмеження їх інерційних впливів на динаміку робота обов'язково наблизити привід як можна ближче до кореня посилення, на якому воно закріплено. Для передачі руху суглобам можуть використовуватися різні механізми: важіль, кульовий гвинт, шківи з ведучими дзвіночками. Наприклад, LOLA використовує важелі, в той час як HRP-4 використовується для кулькових гвинтів і шківи для інших.

Мультимодальна система координації проявиться трьома різними способами. По-перше, для взаємодії між сенсорними системами така установка могла б створити основу для поєднання декількох сенсорних входів для більш міцного та надійного погляду на світ. По-друге, взаємодія між руховими системами спричиняє синергізм - коактивацію рухових систем, не пов'язаних безпосередньо із завданням, але які готують робота до більш ефективного виконання в цілому. По-третє, для взаємодії між сенсорною та руховою системами ця система запропонувала б метод «настроювання сенсорів», при якому регулювання фізичних властивостей робота може оптимізувати продуктивність сенсорної системи. Фундамент такого загального механізму координації ґрунтується на двох модулях: системі, яка включає в себе властиві показники продуктивності в сенсомоторні процеси, і система вилучення кореляцій між сенсомоторними подіями. У поєднанні вони забезпечують достатню інформацію для Cog, щоб дізнатись, як її внутрішні системи взаємодіють між собою. На жаль, пошук цієї інформації аж ніяк не банальний. Заходи щодо ефективності є найбільш простими.

Для сенсорних процесів продуктивність оцінюється довірчою мірою, ймовірно, заснованою на поєднанні повторюваності, оцінок помилок тощо. Вимірювання працездатності двигуна базуватиметься на таких критеріях, як витрата потужності, втомлюваність, обмеження безпеки та точність приводу. Вилучення кореляцій між сенсомоторними подіями складніше. Перший крок - це сегментація, тобто визначення того, що являє собою «подію» в потоці пропріоцептивних даних та / або рухових команд. Алгоритми сегментації та фільтри можуть бути жорстко кодованими (але лише для найбільш рудиментарного перерахування процесів зондування та приведення в дію) або створені адаптивно. Адаптивна сегментація створює та налаштовує фільтри на основі того, наскільки добре вони сприяють кореляційним моделям. Сегментація має вирішальне значення, оскільки вона зменшує кількість зайвої інформації, що створюється потоками даних, що зливаються. Будь-яка

програма кореляції повинна стосуватися як комбінаторної проблеми пошуку шаблонів між багатьма різними джерелами даних, так і проблемою пошуку кореляції між подіями із затримками у часі.

Загальна система для мультимодальної координації є надто складною, щоб реалізувати її відразу. Ми плануємо почати з малого масштабу, координуючись між двома та п'ятьма системами. Перша мета - це механізм постави - координувати, фіксувати та належним чином затягувати або розслабляти тулуб, шию та кінцівки для різноманітних завдань, що досягають і шукають. Постави - це не просто рефлексивний контроль; У ньому є компоненти для подачі, які потребують знань про майбутні завдання, щоб робот міг бути готовим

себе. Постуральна система, настільки реактивна і широко поширена, вимагає значної кількості мультимодальної інтеграції.

1.2 Скелет робота

Кінематична структура гуманоїдних роботів давно надихається людською структурою, а точніше, заснованою на вивченні Сондерса. Ноги виготовлені з 3 обертальних суглобів на рівні стегна (для імітації сферичного суглоба), одного суглоба для розгинання колінного розгинання та двох суглобів для голеностопа (згинання-розгинання та проносупінація). Ця структура має одну перевагу: вона має аналітичне вирішення проблеми пошуку конфігурації ніг щодо заданого положення талії та стоп. З усіх цих причин його можна знайти у численних роботах, таких як серії HRP, HUBO, ASIMO та REEM-C.

Протилежністю цієї структури є межі продуктивності в кінематичних ланцюгах. Додавання пасивного носового суглоба дозволяє збільшити швидкість ходьби робота. Щоб обмежити особливості та кінематичні обмеження, останні гуманоїдні роботи, такі як S-One від Schaff або ATLAS, мають більше з'єднань. Наприклад, Шафт як ще один ДоФ на ногах у сагітальній площині. Більш загально, в контексті виклику робототехніки DARPA (DRC), ROBOSIMIAN від JPL та CHIMP з CMU є роботами, що нагадують мавпи, які дозволяють виконувати більш розширені режими руху, ніж двоногі. У S-One є надмірна зброя, яка дозволяє уникнути особливості та кінематичних обмежень. Загалом, якщо спритність є основною метою, настійно рекомендується використовувати руку з 7 DoF, щоб уникнути особливості. Це, однак, безпосередньо впливає на кількість двигуна, а отже, на масу зброї, її електронну складність та слабкість.

Кожна рука вільно базується на розмірах людської руки з 6 градусів свободи, кожен працює від електричного двигуна постійного струму через пружину серії. Пружина забезпечує точний зворотний зв'язок крутного моменту на кожному стику і захищає мотор-коробку передач від ударних навантажень. Цикл управління положенням з низьким коефіцієнтом

посилення реалізований таким чином, що кожен спільний елемент працює як би віртуальною пружиною зі змінною жорсткістю, демпфіруванням та положенням рівноваги. Ці пружинні параметри можна змінювати як для переміщення руки, так і для зміни її динамічної поведінки. Рух руки досягається зміною рівноважних положень суглобів, а не безпосередньо командування кутів суглоба. Існує чимало біологічних доказів для цієї весняної властивості озброєнь. Напруга, що нагадує весну, надає руці розумну "природну" поведінку: якщо вона порушена або потрапила в перешкоду, рука просто відхилиться від шляху. Порушення поглинається сумісними характеристиками системи і не потребує явного зондування чи обчислення. Система також має низькочастотну характеристику (великі маси та м'які пружини), що дозволяє плавно рухати рукою при меншій швидкості управління. Це дає більше часу на обчислення та робить можливим використання систем управління зі значною затримкою (умова, схожа на біологічні системи). Пружинна поведінка також гарантує стабільну систему, якщо спільні задані точки подаються вперед.

Захвати для гуманоїдних роботів слід вибирати відповідно до програми. Необхідно знайти компроміс між спритністю та вантажем, яку може нести рука. Спритна рука, що дозволяє здійснювати дрібні маніпуляції, такі як DLR, включає структуру з такою ж кількістю DoF, як і весь скелет робота. Наприклад, складні руки, розроблені Японським національним інститутом передових промислових наук та технологій (AIST) для HRP-3, мають 3 пальці та 3 DoF на пальцях, великий палець - 4 DoF. Ця рука оснащена датчиками сили на кожному пальці. Пальці дозволяють максимально натискати 15 Н завдяки механічній структурі з використанням двигунів та Harmonic Drive (HD). Якщо естетичні критерії важливі, потрібно враховувати пропорцію розміру руки з рештою тіла. Наприклад, рука DLR занадто довга і занадто велика, щоб бути інтегрованою в робота, такого як HRP-2. Завдання полягає в інтеграції двигунів, кабелів та силової електроніки в передпліччя. З цієї

причини руці AIST надається коробка на зап'ясті. Він містить вбудований комп'ютер для управління, який обмежує додавання кабелів до початкової структури. Коробка також використовується для захисту руки (це той самий захист, який використовується для робота Q-RIO). Це, однак, збільшує вагу в кінцівці руки робота і його потрібно враховувати в динаміці роботи. Складні руки з декількома DoF важче, займають більше місця, але також є більш крихкими, і, в той же час, не можуть підняти велике навантаження. У своїй початковій версії ASIMO не міг прийняти вантаж, важчий за 500 г. Ще один приклад складної руки - розроблений для iCub. Він має 19 DoF, сенсорних датчиків і може виконувати складні маніпуляції. З усіх цих причин можна вибрати простіші хватки. Наприклад, затискач, який використовується гуманоїдним роботом HRP2-Kai, може бути використаний для підйому по сходах. Гуманоїдний робот TALOS здатний впоратися з 6 кг, розтягуючи руку. Гуманоїдний робот HRP-2 здатний підтримувати сили 15 кг під час багатоконтактної ходьби. Руки з недостатньо приводом у рух - це частий вибір, який спрощує управління і спрацьовування, з трохи складнішою передачею. Наприклад, HRP-2 з Токійського університету та AIST оснащені паралельним механізмом, використовуючи один DoF. Він менш спритний, але дає можливість маніпулювати тридцятьма різними класами предметів масою до 5 кг. Роботи, такі як NAO, використовують один DoF вручну, всі пальці складаються або розгортаються одночасно. Цей вид розуміння забезпечує автоматичну адаптацію до форми об'єкта.

Остання версія гуманоїдного робота ASIMO - це інтеграція рук з гідравлічними приводами невеликого розміру, безпосередньо встановленими в передпліччя. Такими руками робот може переформувати складні рухи, такі як відкриття термоса та наливання води у склянку.

Ноги дуже важливі для роботів-гуманоїдів: вони повинні забезпечити контакт з достатнім тертям, щоб уникнути прослизання; вони повинні справляти удари під час посадки; вони повинні обробляти контактний перехід

під час фази подвійної підтримки; нарешті їх механічна структура часто обмежується розмірами. Крім того, як і більшість гуманоїдів гуляючи керуючи їх КС, для вимірювання положення КС необхідно мати 6 осі датчиків сили на щиколотках або датчики тиску під ногами. Щоб уникнути ковзання роботів, у людиноподібних роботів є ґрунти з формами та матеріалами, які забезпечують достатнє тертя (як правило, з коефіцієнтом тертя > 1). Для розсіювання ударів, наприклад, робот LOLA використовує Sylomer з модулем пружності, який знаходиться вище на п'яті і менший для решти стопи. Деякі ноги містять демпфери. Суглоби ніг мають численні інтереси. Вони дозволяють швидко перенести КС на фронт, і тим самим змушують робота ходити швидше, ніж конструкція без носового з'єднання. Вони дозволяють роботів ставати на коліна, не знаходячись у поодинокому положенні на рівні стопи. Нарешті, якщо ми додамо пружину до суглоба пальця ноги, можна накопичити енергію, щоб використовувати її під час фази зльоту або зробити крок робота на місці. Це передбачає більш складний контроль. Потрібно забезпечити мобільну частину вміє впоратися з ударами.

Ще однією метою дослідження є побудова системи, яка може рухатись зі швидкістю, точністю, спритністю та витонченістю людини фізично взаємодіяти зі світом по-людськи. Наше сучасне дослідження зосереджене на методах управління, які використовують природну динаміку робота для отримання гнучких та надійних рухів без складних обчислень.

Методи управління, що використовують фізичну динаміку, не часто зустрічаються в робототехніці. Традиційні методи часто засновані на кінематичній основі, вимагаючи точної калібрування розмірів і механічних властивостей робота. Однак навіть для систем, які використовують лише кілька ступенів свободи, кінематичні рішення можуть бути обчислювально дорогими. З цієї причини дослідники прийняли ряд стратегій для спрощення задач управління за рахунок зменшення ефектів системної динаміки, включаючи ретельне калібрування та інтенсивне моделювання,

використовуючи легкі роботи з невеликою динамікою або просто повільно рухаючись. Дослідження, що підкреслюють динамічну маніпуляцію, або використовують розумні механічні механізми, які спрощують схеми управління, або призводять до обчислювально складних методів.

Однак люди використовують механічні характеристики своїх тіл. Наприклад, коли люди розмахують руками, вони вибирають зручні частоти, близькі до природних резонансних частот їх кінцівок. Аналогічно, коли їх поміщають у джемпер, немовлята відскакує від природної частоти. Люди також використовують активну динаміку своєї руки при киданні м'яча та пасивну динаміку своєї руки, щоб забезпечити стабільну взаємодію з предметами. При вивченні нових рухів, як немовлята, так і дорослі швидко використовують фізичну динаміку своїх кінцівок. На нашому роботі ми використали динаміку озброєнь для виконання різноманітних завдань. Відповідність руки дозволяє як стабільний рух, так і безпечну взаємодію з предметами. Місцеві контролери на кожному суглобі фізично з'єднуються за допомогою механіки руки, що дозволяє цим контролерам взаємодіяти та виробляти скоординований рух, такий як розгойдування маятника, поворот кривошипа та гра зі слизкою. Наші початкові експерименти дозволяють припустити, що ці рішення є дуже надійними для збурень, не потребують точної калібрування або налаштування параметрів і обчислювально прості.

1.3.Приводи

Приводи для гуманоїдних роботів повинні відповідати наступним критеріям: високе співвідношення між потужністю і масою, здатність виробляти високі крутні моменти на низькій швидкості, порівняно невеликий розмір і зворотний рух. У цій частині описані різні технології, розроблені для роботів-гуманоїдів.

Гуманоїдні роботи людського розміру, такі як гуманоїдний робот HRP-2, Johnny або HUBO-DRC, використовують електромотори постійного струму з гармонійними приводами (HD) для перетворення швидкості в крутний момент. Останні роботи з пошуку відповідних двигунів та коефіцієнта зменшення можна знайти у використанні верхньої та нижньої межі по інерції робота. Найвищий кутовий імпульс відбувається на рівні стегна та коліна. З цієї причини, у випадку з роботом Walkman, найпотужніші мотори розташовані в цих двох місцях, а також для H7 - дуже вражаючий гуманоїдний робот, розроблений в 90-х роках Токійським університетом. Основними перевагами таких двигунів є їх розмір та компроміс між швидкістю та наданим крутним моментом. Поставити мотори якомога ближче до осі обертання ланки, на якій вони перебувають закріплені, використовуються різні з'єднувальні системи: шатун, паралельне з'єднання, але ремінь ГРМ є найчастішим. Основна незручність щодо підходів, що використовують HD, - це складність моделювання сили, що виходить від взаємодії зі світом, шляхом відстеження моторного струму. З цієї причини контроль, який застосовується протягом багатьох років, ґрунтується на контролі позиції з високим посиленням.

1.3.1 Приводи з електричними двигунами змінного струму

Роботи, що використовують електричні двигуни постійного струму, обмежені в швидкості. Корекція крокового кроку на негладкій або частково відомій місцевості, а також генерування руху з високою швидкістю передбачає, що мотори здатні подавати більше крутного моменту з більшою швидкістю. Електродвигуни змінного струму можуть забезпечити такі високі показники, але при більш складному управлінні та джерелі живлення більшої потужності. Гуманоїдний робот TORO, розроблений в DLR, використовує такі двигуни разом із технологією, здатною ідентифікувати параметри системи та датчик крутного моменту на стороні суглоба. Це дозволяє відхиляти відхиляючі збурення за допомогою контролю крутного моменту. Розглядаючи S-One, робот, побудований Schaff, ключовим є система охолодження двигунів.

1.3.2 Гідравлічні та пневматичні приводи

Він виходить з декількох гуманоїдних роботів, використовуючи гідравлічні системи, такі як DB та CB, розроблені SARCOS. Найвідомішим є робот ATLAS від Boston Dynamics. Головними перевагами гідравлічних приводів є їх потужність і можливість керування силою. Ціна, яку потрібно заплатити, - це зазвичай розмір насоса, який може бути проблемою для самостійності. Крім того, необхідність мати сервоклапан для кожного приводу збільшує вагу робота. Нарешті, трубки та з'єднувачі, які транспортують рідину до поршня, можуть призвести до проблем із протіканням. Останнім часом таких обмежень вдалося уникнути завдяки зменшенню розміру насоса та їх інтеграції в сам робот, як це стосується ATLAS. Однак шум, що видається насосом, надзвичайно дратівливий і передбачає носіння слухового шолома. Іншим підходом до уникнення подібних проблем є електрогідростатичні приводи (ЕНА), призначені для робототехніки. ЕНА - це відповідь як на продуктивність, так і на питання розміру. В системі розроблено мікронасос, мікроклапани, резервуар та пасивний розподільник розміром 8 см × 4 см × 4 см. Цей привід дозволяє тягнути вагу до 25 кг зі швидкістю 2 см / с. Якщо немає посилення на цю тему, ймовірно, що така технологія застосовується для рук ASIMO, представлених у 2011 році. Подібні роботи виконані для рук гуманоїдних роботів ARMAR (за допомогою повітря). Зовсім недавно в університеті Токіо був запропонований оборотний ЕНА, включаючи датчик крутного моменту.

Найпоширеніший пневматичний привід - це м'яз Mac Kibben. Він складається з повітряної камери всередині високостійкої тканинної оболонки, обтяженої в обох кінцях камери. Коли ця камера надувається, високостійка оболонка контактує і стискає м'яз. Це створює силу тяги, пов'язану з тиском повітря, поставленим у повітряній камері. Можливе використання моделей, розроблених у пневматичній промисловості, для моделювання залежності між

тиском і створюваною силою. Однак тертя, що виникає при взаємодії оболонки і повітряної камери, вводить нелінійне явище, що ускладнює управління пневматичним приводом. З практичної точки зору, з відведенням повітря легше керувати, ніж з гідравлічним. Однак роздування таких приводів накладає два практичні межі: проблему вбудовування, вирішальну для гуманоїдів, і швидкість надуття. Цей останній момент не забезпечує необхідної реактивності для боротьби з сильними збурення.

1.4 Кабельні приводи

Кабельні приводи можуть бути оборотні та керуватися за допомогою крутних моментів. Можна також мати дуже інтегровані приводи, як, наприклад, у випадку з iCub, який має руки з 9 ступенями свободи. Така технологія використовується і в гнучких руках гуманоїдного робота DLR (TORO). Важливим практичним дефолтом є слабкість кабелів, які не справляються з надто напруженим станом, тому знаходження потрібного розміру для кабелю важливо, коли привід подається сильними силами. Це особливо важливо для ходьби. Одним з можливих рішень є введення відповідності в привід. Університет Токіо використовував приводи з кабельним приводом зі змінним опором, вводячи нелінійні пружини в робот Kojiro.

Практично управління роботою з дотриманням є складнішим, ніж суто жорсткий робот. Команда з СЕА продемонструвала можливість застосування екзоскелету, що працює з кабельним гвинтом.

1.4. Датчики

1.4.1 Енкодери

Енкодери є важливою частиною для оцінки поточного стану робота. Дуже хороша точність необхідна, зокрема, для ніг, щоб запобігти ударам під час посадки стопи. З електричним приводом кодер, як правило, поступовий і фіксується на валу двигуна. Теоретично це забезпечує високу точність зміщення з'єднання завдяки коефіцієнту скорочення. Зазвичай теоретична суглобова точність робота, такого як HRP-2, становить порядку 1/1000 градусів. Положення корпусу, до якого з'єднаний суглоб, обчислюється відповідно до взаємозв'язку між датчиком і мотором. Помилки введені еластичністю гармонійного приводу, гнучкістю кузова та механічним люфтом. Все більше і більше роботів, таких як REEM-C, ARMAR або iCub, тепер мають безпосереднє зчитування суглобової позиції. Це дозволяє вимірювати прогин за рахунок спрацювання. Наявність обох позицій до та після спрацювання забезпечує виявлення пошкоджень без проходження процедури перевірки. Однак на спільній стороні кодер повинен бути достатньо точним для зчитування значень. Це важливо, оскільки відповідність виконавчого механізму між датчиком з боку двигуна і кодером на стороні з'єднання може ввести резонанс, що призведе до нестабільних коливань. З цієї причини робот LOLA, що має кодери з обох боків, реалізує два типи управління.

1.4.2 Датчики крутного моменту на рівні стику

Датчики крутного моменту вимірюють крутний момент, прикладений до стику на виході виконавчого механізму. Мета - реалізувати закон управління, використовуючи зворотну динаміку від роботи-моделі. Існує кілька формулювань, найвідомішою є оперативна космічна зворотна динаміка, запропонована Сентісом та співавт. Ця архітектура дозволяє реалізувати поведінку, коли робот відповідає сумісним контактам. Це дуже важлива властивість для взаємодії людина-робот. З практичної точки зору це означає поставити датчик крутного моменту на кожен суглоб. Це може бути дорогим для гуманоїдних роботів (як правило, 26 датчиків для робота з 6 DoF на кожній нозі та 7 DoF на кожній руці). Ще одне рішення зробити роботоздатним сумісність - додати 6-вісні датчики сили на стегнах і плечах. У поєднанні зі шкірою це забезпечує контактне положення, тоді як 6-вісний датчик сили забезпечує гайковий ключ, що виникає внаслідок сили, прикладеної до кінцівок. У разі багатоконтактності не всі амплітуди застосованих сил можуть бути реконструйовані, але це цікавий компроміс для взаємодії людина-робот.

1.4.3 Акселерометри та гірометри

Як правило, гуманоїдний робот має щонайменше один інерційний вимірювальний блок, який складається з акселерометра та гірометра. Цей ІВБ може локалізуватися в грудях або тулубі. Разом з фільтром Кальмана він дає орієнтацію робота щодо гравітаційного поля. Однак без додаткової інформації орієнтацію робота навколо вертикальної осі неможливо знайти. Якщо ця інформація не дуже важлива для ходьби по рівній підлозі, вона, однак, дуже важлива на нерівній місцевості. Магнометр може надати достатню інформацію для відновлення проникнення, але електричні приводи генерують електромагнітні поля, які обурюють вимірювання. Мореметри більше не дуже добре працюють в будинках через низьку роздільну здатність та численні збурення. Найпоширеніше рішення - злити інерційну інформацію із зором.

1.4.4 Проприоцептивні та екстероцептивні датчики

Проприоцептивні датчики відчують положення, орієнтацію та швидкість тіла та суглобів гуманоїда. У людей отоліти та напівкруглі канали (у внутрішньому вусі) використовуються для підтримки рівноваги та орієнтації. Крім того, люди використовують власні пропріоцептивні датчики (наприклад, дотик, розгинання м'язів, положення кінцівок), щоб допомогти в їх орієнтації. Для вимірювання прискорення гуманоїдні роботи використовують акселерометри, з яких швидкість можна обчислити шляхом інтеграції; датчики нахилу для вимірювання нахилу; датчики сили, поміщені в руки і ноги робота, для вимірювання контакту сили з навколишнім середовищем; датчики положення, які вказують фактичне положення робота (з якого швидкість можна обчислити шляхом виведення) або навіть датчики швидкості.

Екстероцептивні датчики

Масиви тактилів можна використовувати для надання даних про те, що торкнулося. Shadow Hand використовує масив із 34 тактилів, розташованих під його поліуретановою шкірою на кожному кінчику пальця. Тактильні датчики також надають інформацію про сили та крутячі моменти, передані між роботом та іншими предметами.

Бачення означає обробку даних з будь-якої модальності, яка використовує електромагнітний спектр для отримання зображення. У гуманоїдних роботів використовується для розпізнавання об'єктів та визначення їх властивостей. Датчики зору працюють найбільш аналогічно очам людини. Більшість гуманоїдних роботів використовують CCD камери як датчики зору. Звукові датчики дозволяють людодічним роботам чути мовленнєві та екологічні звуки та виконувати функції вух людини. Для цього завдання зазвичай використовуються мікрофони.

1.4.5 Бінокулярна схожість

Бінокулярна схожість: рухи відхилення регулюють очі для перегляду предметів на різній глибині. Хоча відновлення абсолютної глибини може не бути вкрай необхідним, відносна невідповідність між об'єктами є вирішальною для таких завдань, як точна координація рукою-оком, дискримінація фігури-землі та виявлення зіткнення. Yamato (1998) побудував систему, яка виконує бінокулярну вергенцію та інтегрує описані раніше саккадичні та плавні переслідування. Спираючись на моделі розвитку бінокулярності у немовлят, Ямато використовував місцеві кореляції для виявлення відповідних цілей у фовеальній ділянці обох очей, переміщуючи очі, щоб відповідати розташуванню пікселів мішеней у кожному оці. Система також була здатна плавно реагувати на зміни цілей після саккадичних рухів і під час плавного переслідування.

Вестибулярно-очні та оптокінетичні рефлекси:

Вестибуло-очний рефлекс та оптокінетичний ністигм співпрацюють для стабілізації очей при русі голови. Вестибуло-очний рефлекс стабілізує очі під час швидких рухів головою. Вимірювання прискорення з напівкруглих каналів та отолітових органів у внутрішньому вусі інтегровані для забезпечення вимірювання швидкості голови, яка використовується для протидії обертання очей та підтримки напрямку погляду. Оптокінетичний ністигм компенсує повільні, плавні рухи, вимірюючи оптичний потік фону на сітківці (також відомий як зорове ковзання). ОКН працює зі значно меншими швидкостями, ніж VOR. Багато дослідників побудували точні обчислювальні моделі та моделювання взаємодії цих двох механізмів стабілізації. Щоб імітувати вестибулярну систему людини, Cog має триступінчасті гіроскопи, встановлені на ортогональній осі (відповідні напівкруглим каналам) та два лінійні акселерометри (відповідні отолітовим органам).

Простий OKN може бути побудований за допомогою приблизного наближення оптичного потоку на фоновому зображенні. Оскільки OKN потрібно функціонувати лише з відносно низькими швидкостями (достатньо 5 Гц), і оскільки OKN вимагає лише вимірювання оптичного потоку всього поля, наше обчислювальне навантаження керовано. Оптичний потік потоку обчислює рух повного поля між послідовними кадрами, даючи єдину оцінку руху камери. Оптична оцінка потоку – а вектор зміщення для всієї сцени. Використовуючи карту саккади, яку ми раніше вивчили, ми можемо отримати оцінку кількості руху очей, яка нам потрібна для компенсації зорового зміщення.

Простий VOR може бути побудований за допомогою інтеграції сигналу швидкості в гіроскопи швидкості, масштабування цього сигналу та використання його для управління очними двигунами. Ця методика добре працює при швидкоплинних та швидких рухах голови, але не вдається з двох причин. По-перше, оскільки сигнал гіроскопа повинен бути інтегрований, система має тенденцію до накопичення дрейфу. По-друге, константа масштабування повинна вибиратися емпірично.

Обидва цих дефіциту можна усунути, поєднавши VOR з OKN.

1.4.6 Зорово-шийна орієнтація

Орієнтація голови та шиї вздовж кута погляду може максимально збільшити дальність наступного руху очей, надаючи роботу більш життєвий вигляд. Після того, як очі посилили сильний подразник, шия повинна рухатися, щоб вказувати голову в напрямку подразника, а очі протилежно обертатися, щоб підтримувати фіксацію на цілі. Щоб перемістити шию на відповідну відстань, ми повинні побудувати відображення $N: (n, e) \rightarrow \Delta n$, яке виробляє зміну рухових позицій шиї (Δn) з урахуванням поточного положення шиї (n) та початкового положення очей (e). Оскільки ми відображаємо позиції двигуна до позицій двигуна з приблизно паралельними осями, достатньо простого лінійного відображення: $\Delta n = (k \cdot e - n)$ для деякої постійної k .

Існує два можливих механізми контр-обертання очей, коли шия знаходиться в русі: вестибуло-очний рефлекс або еферентна копія сигналу руху шиї. VOR можна використовувати для компенсації руху шиї без будь-яких додатків. Оскільки рефлекс використовує зворотний зв'язок гіроскопа для підтримання положення очей, зв'язок між контролером шийного двигуна та контролером очного мотора не потрібен. Це може бути бажано, якщо між процесорами, відповідальними за контроль шиї та очей, є обмежена смуга пропускання. Однак використання VOR для компенсації руху шиї може стати нестабільним. Оскільки гіроскопи встановлені дуже близько до двигунів шиї, рух шиї може спричинити додатковий вібраційний шум на гіроскопах. Однак, оскільки рух шиї є добровільним рухом, наша система може використовувати додаткову інформацію для протидії поверненню очей, як і люди. Сигнал копії еференсу може використовуватися для переміщення моторів ока, коли двигуни шиї рухаються. Сигнал руху шиї можна масштабувати і направляти в очні мотори для компенсації руху шиї. Константа масштабування просто $1k$, де k - та сама константа, яку використовували для визначення Δn . Так само, як і при вестибуло-очному рефлексі, константи масштабування можна отримати

за допомогою керованого руху та зворотного зв'язку з оптокінетичного ністигму. Використання копії еферентності з константами, отриманими під час навчання ОКН, дає стабільну систему орієнтації на шию.

1.4.7 Прослуховування

Використання мікрофонів однозначно потрібно під час взаємодії людини з роботом. Механізми локалізації та розділення джерел були розроблені для розпізнавання різних локаторів, які одночасно розмовляють з роботом, навіть коли він рухається. Проблема складна через віддзеркалення звуків у навколишньому середовищі, форму головки робота та шум, що створюється декількома складовими. Мета - локалізувати джерела та відокремити їх одне від одного, врахувати вплив голови на розповсюдження сигналу та моделювати шум від робота. Сучасні підходи покладаються на ймовірнісну формулювання, в якій задіяні обчислення. Використання масиву мікрофонів може підвищити точність і якість розпізнавання за рахунок збільшення обчислювального часу. Основним питанням є розробка методів локалізації, що забезпечують точну локалізацію в режимі реального часу. Уже існують методи, засновані на парах мікрофонів і тих, що змішують комп'ютерне бачення та прослуховування. Реалізація для роботів НАО доступна у вигляді безкоштовного програмного забезпечення.



Висновок

Зараз роботи перебувають на рівні, коли вони можуть досягти практичного завдання, але існування життєздатного економічного застосування все ще залишається відкритим питанням. Крім того, ми можемо відзначити, що TORO, REEM-C або TALOS були розроблені менше ніж за 2 роки, де більшості перших команд з гуманоїдної робототехніки знадобилося набагато більше років, щоб досягти такого ж рівня. Це дає уявлення про досягнення, досягнуті в цій галузі останнім часом. Читач знайде в додатку таблицю, що синтезує характеристики найбільш релевантних гуманоїдних роботів за останні роки. Для високопродуктивних гуманоїдних роботів, які не призначені для взаємодії з людьми, рекомендується дуже жорстка структура з потужними двигунами, IMU і датчиками сили в стопах. У випадку з людиноподібним роботом, який націлений на взаємодію з людьми, відповідність підвищує властиву їм механічну безпеку. Однак це ціною більш складного режиму управління та резонансних режимів, характерних для робота, які необхідно враховувати в механічний дизайн.

Розділ 2. Розробка системи управління кінцівками АРТЗ

СУ кінцівками АРТЗ повинна керувати обома кінцівками роботизованого пристрою, узгоджуючи це керування з системами управління корпусом, транспортним візком та рухом маніпуляторів. Також є сильний зв'язок такої СУ із СУ стабілізації вертикального положення робота, що є критичною проблемою для крокуючого антропоморфного апарату при переміщенні на довільній поверхні, про що писалося в розділі 3 даного звіту. Ця проблема існує і для АРТЗ з вантажним візком при поворотах такої зв'язки та при операціях завантаження/розвантаження візка чи у випадку відсутності надійного зчеплення стоп робота з поверхнею по якій він рухається (на схилі, при дощі чи ожеледиці). Крім того, існує також задача курсової стабілізації системи АРТЗ+візок, що більш пов'язано з маневрами робота при обході (об'їзді) перешкод. але також, в меншій мірі, пов'язано з характеристиками поверхні його руху. Використовуючи сигнали гіровертикалі, акселерометру та магнітометру можна в більшій мірі зменшити курсову різницю руху робота та стабілізувати його рух по заданій траєкторії. Якщо для кожної ланки ноги рух забезпечується в одній площині і тому достатньо управління для одного двигуна, то для стопи управління здійснюється у двох площинах - Y та Z (див. рис. 3.2). По осі Z управляється відхилення положення стопи на кут β_n відносно осі X що забезпечує розвороти АРТЗ при його переміщенні, а по осі Y - нахил стопи на кут α_n , що забезпечує більш значне зчеплення ноги робота з поверхнею схилів, при попаданні стопи на каміння, інші нерівності, інші незначні об'єкти, які можуть призвести до втрати стійкості робота та його падіння.

Сигнали з сенсорів положення заводяться в суматор де порівнюються з заданими контролером СУ відповідної ноги, що забезпечує жорсткий зворотній зв'язок для регулятора двигуна кутового положення ланки і кутом повороту осі редуктора цього двигуна. Це. в свою чергу, дозволяє зафіксувати

положення ланки після завершення команди управління. Це саме стосується стопи ноги, що дозволяє більш точно управляти її положенням і стабілізувати управління в моменти прослизання стопи по поверхні переміщення чи в разі попадання стопи на сторонні предмети.

Управління рухом ніг АРТЗ для зв'язки АРТЗ+візок вимагає синхронізації системи управління ніг та приводів візка в моменти розгону чи гальмування, спуску чи підйому, здійснення поворотів при обминанні перешкод на траєкторії руху, що здійснюється через контролер СУ візком.

Управління рухом ніг АРТЗ для вимагає координації сигналів їх СУ з сигналами системи управління рухом маніпуляторів, що здійснюється через контролер координації руху та інтегрованого управління ногами.

Контролер взаємодіє з міні комп'ютером АРТЗ, отримуючи від нього команди управління в разі позаштатних ситуацій чи виявленні відмов компонентів робота, а також у разі необхідності ідентифікації перешкод та їх обходу, при переплануванні чи оптимізації траєкторії руху, падіння робота чи перевертанні візка і втраті вантажу, які відносяться до задач верхнього рівня управління - інтелектуального контролера обробки сигналів некритичної групи сенсорів, до яких можна віднести сенсори температури, рівня освітлення, вологості, тактильні маніпуляторів, тощо, надає необхідні дані до контролера координації руху для інтегрованого управління ногами АРТЗ з урахуванням параметрів зовнішнього середовища і запобігання виникнення позаштатних ситуацій з АРТЗ та зв'язкою АРТЗ+візок в цілому.

Можна визначити, що транспортний візок в значній мірі стабілізує стійкість АРТЗ від падіння при пересуванні по відносно рівній поверхні, але може погіршувати стійкість при переміщенні по похилій поверхні (з вантажем - ще зменшується стійкість), що потребує адаптації СУ і використання алгоритмів і моделей інтелектуального рівня управління. падіння АРТЗ в результаті перевернення візка може призводити до аварійної ситуації. Тому

важливо на стані макету АРТЗ визначити обмеження на параметри руху , вантажу, граничні значення висоти точки центру мас, моментів інерції, радіусу розворотів, кутів нахилу поверхні і переміщення, висоти та глибини перешкод, тягових характеристик робота та візка, що дозволить за рахунок інтегрованого управління запобігти небажаних ситуацій.

2.1 Розробка системи управління кутовим положенням ланок маніпуляторів і кістей АРТЗ

Для системи управління маніпуляторами та кістей роботизованого засобу при різних конструкціях АРТЗ, найважливішою задачею є координація рухів обох маніпуляторів між собою та рухом корпусу робота. Основними операціями для маніпуляторів є операції завантаження та розвантаження, які можуть виконуватися як в початковому чи в кінцевому пунктах маршруту руху, а також в проміжних точках маршруту.

Важливою задачею є надійна фіксація вантажу пристроями чи механізмами кістей (схватами) при вище означених операціях стискання кістей чи схватів обох маніпуляторів.

Також стоїть завдання точного визначення кута переміщення та позиції кістей робота для розрахунку відповідного управління для двигунів кутового положення двох лапок маніпулятора, двигуна кутового повертання кісті та двигуна кутового згинання її для чіткої фіксації вантажу та більшої універсальності виконавчого органу, який оснащений схватом.

Треба визначити, що траєкторія переміщення і кінцеве положення робочого органу маніпулятора складається з суми кутового положення обох цього лапок та кісті, може бути доволі складним і взаємозалежним. Тому потрібно як найбільше точно розраховувати траєкторію руху кожного з них, формувати на цій основі команди управління, розраховувати у часі послідовність подачі управління на відповідні двигуни та, наприклад, електромагніт схвату для надійної фіксації вантажу. Для фіксації положення окремих компонентів маніпулятора можна використовувати сигнали сенсорів положення, які в більшості конструкцій є складовою частиною виконавчих пристроїв з кроковими двигунами, а для кіст і- тензорні датчики зусиль, які

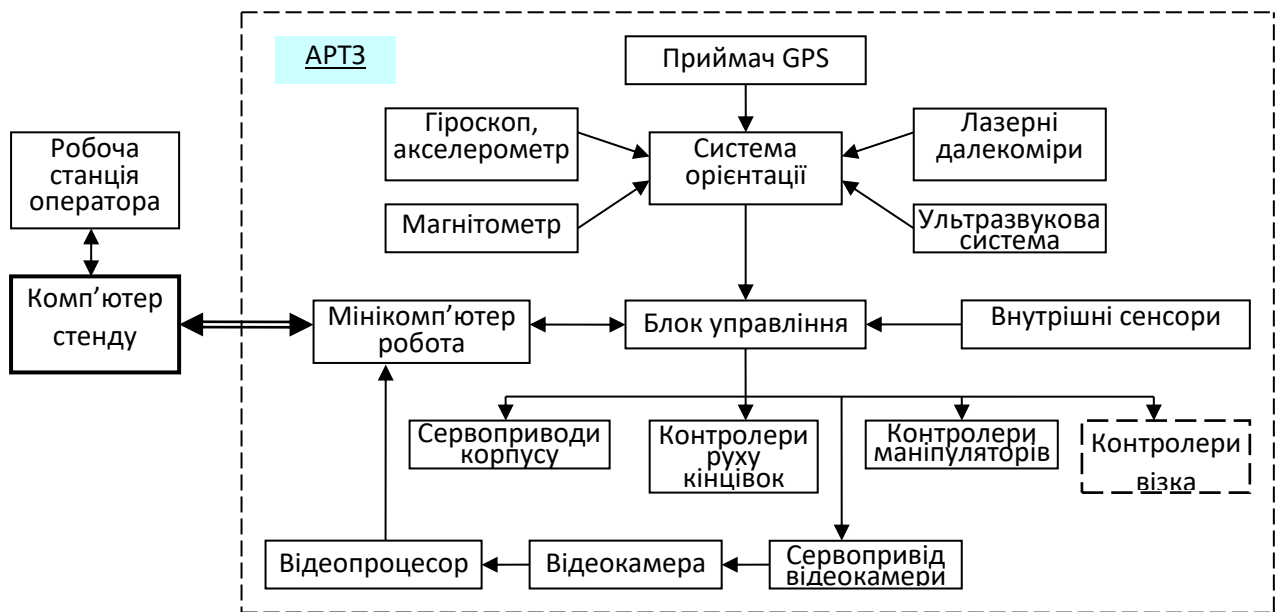
змонтовані на схватах. Управління одним маніпулятором здійснюється відповідним контролером СУ, який видає сигнал управління на суматор, де він порівнюється з сигналом від сенсора положення і її ланки. Сигнали з сенсорів положення та тензодатчиків поступають також в контролер обробки сигналів критичної групи сенсорів (КОСК). Виконавчий пристрій включає до свого складу редуктор для фіксації та утримання заданого положення, що є необхідним елементом при зовнішньому навантаженні на маніпулятор.

Загальну координацію роботи локальних СУ здійснює спеціальний контролер координації руху маніпуляторів, який синхронізує сигнали управління цих локальних СУ між собою та враховує сигнали управління від контролера СУ корпусом (що включає повороти корпусу чи нахилиння корпусу - при операціях з вантажем). Контролер координації руху маніпуляторів отримує дані від іншого контролера - контролера обробки сигналів критичної групи сенсорів та взаємодії з міні комп'ютером АРТЗ, в якому реалізуються алгоритми рівня інтелектуального управління, що визначає, практично, поведінку АРТЗ та узгоджує роботу основних його частин.

До контролера координації руху маніпуляторів заносять дані про обмеження руху маніпуляторів виходячи з норм безпеки та даних про тах допустиму вагу вантажу, граничні моменти перекидання (стійкості) робота під дією вантажу в залежності від лінії розподіленої ваги системи АРТЗ + візок для розрахунку зони тах простягнення маніпуляторів з вантажем.

2.1 Інформаційна структура моніторингу динамічних об'єктів

Спрощена інформаційна структура системи моніторингу динамічних об'єктів може включати декілька блоків, які необхідні для управління системою технічного зору, що стоїть на АРТЗ, показано на Рис. 4.1 Це дуже спрощене уявлення про систему моніторингу динамічних об'єктів – реально треба долучити сюди ще декілька компонентів.



В такій структурі система орієнтації, блок управління та контролери корпусу, кінцівок, маніпуляторів та візка є основними управляючими компонентами АРТЗ. Система орієнтації отримує данні про кутові швидкості та кутові прискорення, а також інформацію від гіроскопу, акселерометра, магнітометра, приймача GPS щодо координат транспортного засобу, а також від ультразвукової системи та лазерних далекомірів – дані про характеристики різноманітних об'єктів зовнішнього середовища, частина яких була попередньо нанесена на електронну карту маршруту робота, а фіксація інших об'єктів повинна враховуватися при переміщенні на маршруті.

Блок управління видає сигнали на контролери управління рухом вище означених складових для здійснення завдання роботом. Він також управляє

сервомоторами відеокамери для її спрямування у задану зону поверхні, а також стабілізує її коливання при переміщенні АРТЗ. Потоки відео даних оброблюються відео процесором, в результаті чого формуються відеофайли, які можуть передаватися оператору комп'ютерного стенду, з яких вилучаються окремі кадри, що проходять інтелектуальну обробку в мінікомп'ютері для визначення нових об'єктів в полі зору робота, їх ідентифікації та прийняття рішення про небезпеку зіткнення, необхідність перепланування траєкторії чи параметрів руху АРТЗ.

Внутрішні сенсори надають інформацію про стан внутрішніх систем робота та транспортного візка для системи моніторингу параметрів і стану їх виконавчих пристроїв, а також витрат і запасу енергетичних ресурсів для безпечного виконання завдання з транспортування вантажу.

Розділ 3 Структурування управління АРТЗ по рівнях

Консолідоване управління АРТЗ складається з автономного управління та дистанційного управління, що показано на Рисунку 5.1.

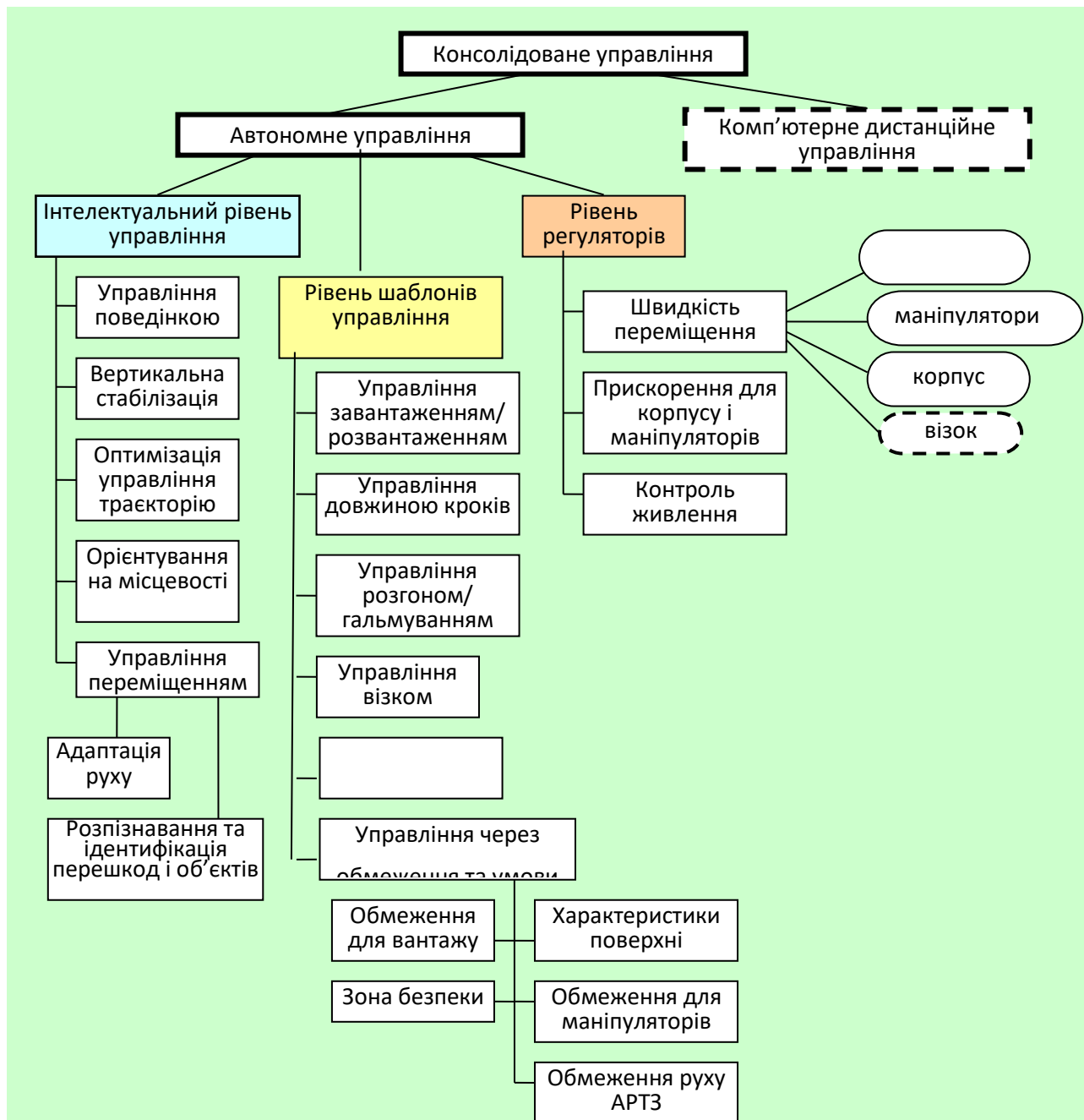


Рис.5.1 - Структура ієрархії базових рівнів управління системами АРТЗ

Ідея ієрархії систем і критеріїв управління по рівнях заключається в тому, що «поведінка» АРТЗ є відносно складною і багатокритеріальною задачею, для чого більшість параметрів може бути регульовані на рівні наперед заданих шаблонів управління з відповідними моделями, які описують алгоритми, наприклад, завантаженням/розвантаженням ємностей самого АРТЗ чи транспортного візка, або розгоном/гальмуванням його. На Рис. 5.1 показано три базових рівня управління – інтелектуальний, з використанням шаблонів та на основі локальних регуляторів.

Ці базові рівні разом створюють структуру автономного управління АРТЗ.

Ще може бути застосована система дистанційного управління роботизованим засобом з використанням спеціалізованого комп'ютера стенду, до якого через кабелі чи через повітряний канал зв'язку здійснюється керування АРТЗ чи моделювання якихось фізичних компонентів у складі віртуальної моделі цього засобу.

Рівень шаблонів управління використовує напрацьовані параметричні моделі статички та динаміки корпусу АРТЗ, його маніпуляторів, ніг чи вантажного візка. Сюди можна віднести також управління частотою та синхронізацією крокуючих частин засобу, розгоном та гальмуванням його, враховуючи наявність вантажу чи його відсутність. Управління через наявні обмеження та умови обумовлює напрацювання відповідних алгоритмів і програм, які обчислюють дані сенсорної системи і враховують вагу та габарити вантажу, його асиметрію розташування у візку, а також дозволяє розрахувати точку центру інерції вантажу та моменти перекидання для різних швидкостей руху при поворотах, інше.

Шаблони управління можуть використовуватися при розрахунку обмежень для маніпуляторів у вигляді геометрії «зони безпеки» дії кожного

маніпулятора та синхронізації їх переміщення між собою, а також обмежень на граничні кути між ланками маніпулятора при операціях завантаження / розвантаження виходячи з допустимих параметрів редукторів і двигунів приводів, розташованих у суглобах маніпулятора, чи параметрів схвату кисті АРТЗ.

Обмеження руху АРТЗ залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх характеристик чи параметрів – точності позиціонування елементів ніг крокуючого засобу, їх синхронізації для визначення ширини кроків, моментів, які виникають на початку руху засобу, і по аналогії – при гальмуванні та зупинці. Менше проблем виникає у разі варіанту з транспортним візком, де також враховуються відповідні моменти інерції при розрахунку довжини гальмівного шляху у разі штатного чи аварійного гальмування на основі даних сенсорної системи АРТЗ.

Характеристика поверхні, по якій переміщується транспортний засіб також виступає у якості обмеження на швидкість і можливість пересування АРТЗ для всіх випадків його конструктивних варіантів, що може призводити до необхідності зниження швидкості та гальмування. Наприклад, у разі застрягання вантажного візка буде потрібно буде відкотити візок і змінити напрям руху, перерахувавши траєкторію поза межами можливих перешкод та допустимих кутів підйому/спуску АРТЗ. Повинні враховуватися також пора року, температура середовища, коефіцієнти зчеплення з поверхнею, характеристики поверхні де переміщується засіб, т.п.

Зона безпеки також розраховується на основі шаблону, який повинен включати обмеження на параметри зони дії маніпуляторів та зони безпечного пересування засобу на поверхні, довжини шляху гальмування, а також кутів повороту корпусу АРТЗ. При цьому застосовуються алгоритми прогнозування траєкторного переміщення та абсолютного значення можливого «заносу» для всіх варіантів конструкції та стійкості крокуючого роботизованого

транспорту. Повинні враховуватися також значення параметрів габаритних обмежень самого АРТЗ та вантажу при цих розрахунках цієї зони.

Таким чином можна значною мірою «розвантажити» Інтелектуальний рівень управління від штатних задач управління.

Інтелектуальний рівень – це вищий рівень управління, який базується на алгоритмах адаптації структури управління при зміні обмежень чи умов управління з використанням відомих штатних ситуацій наступного рівня, а також більш складних задач управління поведінкою робота на маршруті та вертикальної стабілізації, орієнтування на місцевості, управління переміщенням по складній поверхні для крокуючого засобу та варіанту з транспортним візком, що показано на Рис.5.1. Цей рівень включає також функцію навчання для розширення бібліотеки об'єктів, які можуть ідентифікуватися як перешкода на траєкторії руху, та аналітичної обробки даних з різних джерел – з БЗ, баз даних (ситуаційної + операційної) та сигналів сенсорної системи і різних навігаційних пристроїв, включаючи обробку та співставлення сигналів сенсорів розпізнавання (штучного зору, ультразвукового чи інфрачервоного сенсорів).

Крім того, інтелектуальний рівень здійснює управління через управління нижчого рівня, задаючи зміну параметрів обмежень та умов роботи різних компонентів АРТЗ, контролюючи при цьому також уставки регуляторів виконавчого рівня - силові та крокові двигуни, електромагніти та муфти, тощо.

Рівень регуляторів забезпечує реалізацію самих простих функцій таких, як управління швидкістю кінцівок, маніпуляторів, корпусу робота та візка, прискоренням виконавчих пристроїв, а також контроль і управління живленням різних елементів.

РОЗДІЛ 4: МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП – ПРОЕКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів. Узагальнено етапи розроблення стартап-проекту можна подати таким чином:

A. Маркетинговий аналіз стартап-проекту

В межах цього етапу:

- 1) розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- 2) аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
- 3) на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту.

B. Організація стартап-проекту

В межах цього етапу:

- 1) складається календарний план-графік реалізації стартап-проекту;
- 2) розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
- 3) визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формується потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
- 4) розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та планові загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту В межах цього етапу:

- 5) визначається обсяг інвестиційних витрат;
- 6) розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);

7) визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

С. Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти). Він передбачає:

1. визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
2. складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
3. планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
4. планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

Означені етапи, реалізовані послідовно та вчасно – створюють передумови для успішного ринкового старту. Проте фахівці зі створення та розвитку стартап проектів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможлиблюють розробку ринково затребуваного проекту із вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартап компаній, і ця проблема може бути вирішена за рахунок навчання винахідників. Відповідно, основним призначенням даних Методичних рекомендацій є надання студентам знань щодо суті, основних принципів розроблення стратегії ринкового впровадження та маркетингового управління інноваційними у промислових галузях економіки, використання ефективних маркетингових інструментів просування високотехнологічних продуктів виробництва та послуг.

4.1. Опис ідеї проекту

В межах підпункту слід послідовно проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- 1) зміст ідеї (що пропонується);
- 2) можливі напрямки застосування;
- 3) основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- 4) чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Зміст ідеї. Пропонується створити інтелектуальну систему, яка оснований на використанні штучних нейронних мереж і забезпечує підтримку прийняття рішень відносно планування траєкторії переміщення мобільного робота.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів.

1. Конкуренти в Україні відсутні через практичну відсутність фахівців в галузі Розумного дому, слабка технічна забезпеченість державних медичних закладів, відсутність розуміння необхідності створення таких систем.

2. Потенційні конкуренти практично відсутні через відсутність кваліфікованих фахівців та бажанням заробляти великі та “швидкі” гроші.

3. Товарів замінників нема. Закордонні аналоги коштують занадто дорого, що робить їх економічно не вигідними в Україні.

4. Споживачі – звичайні люди, університети, школи.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї Використання мобільного робота для роботи у групі для аналізу середовища, побудови карти та планування оптимальних маршрутів за допомогою методу мурашиного алгоритму	Напрямки застосування Швидка побудова карт Оптимізація маршрутів	Вигоди Швидше можна поставити цілі на місцевості та почати роботу Продуктивна робота мобільних роботів що виконують завдання
--	--	--

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п / п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (сла бка стор она)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Nist			
1	Кросплатформ	Можливість використання на різних пристроях	На ПК під ОС Windows		+	
2	Собівартість	Низька	Висока			+
3	Зручність	Зручний інтерфейс	Інтуїтивно не зрозумілий		+	
4	Точність	Висока	Висока			+

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає

аналіз таких складових (табл. 4.3):

1. за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
2. чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
3. чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 4.3.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Використання штучного інтелекту для обробки відео зображень УЗД та побудови підсистема підтримки прийняття рішень	Використання нечіткого логічного висновку	наявна	доступна
	Використання нечітких нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна
	Використання гібридних нейронних мереж	Необхідно доробити	доступна

Ідея проекту – створити робототехнічну підсистему кліматконтролю. Технологія 1. Використання мікропроцесора Arduino UNO. Дана технологія наявна. Авторам проекту вона доступна. Обрана технологія реалізації ідеї проекту – технологія 1.

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап–проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п / п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	Біля 30
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 млн.дол. США
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Дозвіл Міністерства охорони здоров'я
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність національним стандартам
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	R = 37%

На основі аналізу даних, наведених у таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження.

Таблиця 4.5.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п / п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачі в до товару
1	Високоєфективна оцінка місцевості та робота у них	Шахтарські корпорації, геологічні фірми, геологічні інститути	стандарты	Висока якість товару

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз

ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 6-7).

Таблиця 4.6.
Фактори загроз

№ п/ п	Факто р	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вартість обладнання	Підвищення ціни	Зміна постачальників
2	Висококваліфікований обслуговуючий персонал	Відсутність	Організація підготовки висококваліфікованого обслуговуючого персоналу

Таблиця 4.7.
Фактори можливостей

№ п / п	Факто р	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Об'єм продажу	Ріст попиту	Поставки додатково ї кількості систем
2.	Функціонал діагностичної системи	Розширення можливостей системи	Реалізація розширення можливостей системи

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.8)

Таблиця 4.8.
Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - олігополія	Домінує невелика кількість продавців, а вхід в галузь нових фірм обмежений високими бар'єрами.	Покращити рекламу
2. За рівнем конкурентної боротьби - національна	Між компаніями всередині країни	Розширити функціонал дії діагностичної системи
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Між компаніями всередині країни	Знизити вартість програмного забезпечення
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Покращити якість діагностування
5. За характером конкурентних переваг - цінова і нецінова	Ведуться цінові війни, а також в нецінові форматі, за рахунок кількості і якості послуг, що надаються	Покращити якість діагностування
6. За інтенсивністю - не марочна	Використовуються прийоми, що ставлять учасників ринку в нерівне становище	Знайти підтримку у Міністерстві охорони здоров'я

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера, додаток А) (табл. 9).

Таблиця 4.9.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товар
	Навести перелік прямих конкурентів в	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Визначити Інтенсивність Конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливості входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари замінники

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також було зроблено висновок щодо характеристик, які повинен мати проект, щоб бути конкурентноспроможним на ринку.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (табл. 4.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища (табл. № 4.6-4.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 4.10

Таблиця 4.10.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п / п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Алгоритмічне забезпечення	Використовується штучний інтелект
2	Програмне забезпечення	Використовуються сучасні пакети з штучними нейронними мережами

Робиться висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 4.11.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Робототехнічна підсистема планування траєкторії»

№ п / п	Фактор конкурентоспроможності	Бал и 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Час складання	18				+			
2	Можливість аналізу результатів	15			+				
3	Комплексний підхід	10					+		
4	Надійність	15					+		
5	Простота реалізації	10			+				
6	Якість	17		+				+	
7	Технічне обслуговування	15						+	

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл.

4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.12.
SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення часу визначення діагнозу; 2. Зменшення фінансових затрат на дослідження; 3. Краща надійність; 4. Краща якість продукції; 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Складність у визначенні алгоритму; 2. Затрати на обладнання; 3. Унікальне ПЗ для обробки результатів;
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Закріпитись на ринку товарів та послуг; 2. Конкурентоспроможність; 3. Іноземні інвестиції; 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неможливість малих підприємств дозволити використання новітньої техніки;

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та

ймовірності отримання ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п / п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Залучення нових споживачів — рекламувати товар в профільних установах для створення стійкого попиту та заохочення.	Ймовірність висока, оскільки якщо дана альтернатива виявиться новітньою розробкою, споживачі запитуватимуть продукт у посередників, а ті в свою чергу у виробника.	1 рік
2	Використовувати застарілий метод для роботи, адже більшість клієнтів на ринку не в змозі дозволити оновити виробництво	Ймовірність мала, оскільки існує альтернативна конкуренція на ринку.	6 місяців
3	Робота з сучасними представниками на ринку, в яких використання новітніх технологій витісняє застаріле.	Ймовірність висока, оскільки даний проект має велику кількість переваг.	5 місяців

Після аналізу зазначити обрану альтернативу. З означених альтернатив обирається та, для якої:

- а) отримання ресурсів є більш простим та ймовірним;
- б) строки реалізації – більш стислими.

Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 14).

Таблиця 4.14.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п / п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачі в сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Шахти	Готові	60%	Висока	Без обмежень
2	Компанії	Готові	15	Середня інтенсивність	Без обмежень
3	Склади	Готові	10	Низька інтенсивність	Без обмежень
4	Інститути	Готові, при наявності потреби	5	Низька інтенсивність	Без обмежень
5	Геологічні спілки	Готові, при наявності потреби	10%	Низька інтенсивність	Без обмежень
Які цільові групи обрано: шахти, компанії, склади, інститути, геологічні спілки.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку:

1. якщо компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу;
2. якщо працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу – вона використовує стратегію диференційованого маркетингу;
3. якщо компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизовану

програму (включно із характеристиками товару/послуги) – вона використовує масовий маркетинг.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п / п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку *
1	Встановлення низької ціни на новий товар для залучення більшої кількості покупців і завоювання великої долі ринку.	Стратегія диференційованого маркетингу	Комплексний підхід; доступність; простота реалізації; Мобільність; низькі затрати.	Стратегія диференціації

Висновки: обрана стратегія розвитку спеціалізація через існування на ринку більш сильніших гравців. На перших кроках існування проекту доцільніше обрати стратегію спеціалізації та зайняти певну стабільну нішу на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Висновки: оскільки проект не є першопрохідцем та має суттєві переваги по відношенню до свого прямого конкурента, можливо обрати стратегію виклику лідеру.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект

Таблиця 4.16.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п / п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
2	Ні	Забирати існуючих у конкурентів.	Ні. Суть товару збільшити точність встановлення діагнозу, та зменшити час на його встановлення	Стратегія виклику лідера.

Таблиця 4.17

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Забезпечує високу точність діагностики; знижує витрати; більша надійність	Стратегія диференціації	Комплексний підхід; Точність; Економічність;	За показниками якості; За сферою застосування; За різновидом товару.

Висновки: На ряду із використання інноваційних методів підвищення точності, проект повинен викликати асоціації у клієнта у гнучкості

налаштування та діагностики, можливості після продажної підтримки та високої якості виготовлення.

4.3. Розробка ринкової стратегії

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18.

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п / п	Потреб а	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність діагностики.	Точність забезпечується використанням інноваційної технології.
2	Економічність	зменшуються витрати на встановлення діагнозу	Зменшується час на постановку діагнозу

Висновки: в результаті визначення переваг концепції товару можливо створення цільової реклами товару та донесення цільового повідомлення до кінцевого клієнта.

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Висновки: основними засобами захисту від копіювання є патентування програмних та апаратних рішень, що використовуються у приладі. Окрім того, захист програмного коду повинен запобігти копіювання програми.

Таблиця 4.19.
Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічні	Нм	Вр
	2. Технічні	М	Тх
	3. Надійності	М	Тл
	4. Технологічні	М	Тх
	Якість: патент на корисну модель,		
	Пакування		
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Медична діагностична система		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість аналізу та удосконалення системи.		
	Після продажу можливість створення нового ПЗ та модифікація існуючого		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист ПЗ			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 20).

Таблиця 4.20.
Визначення меж встановлення ціни

№ п / п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів в цільово ї групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	80000 \$	120000 \$.	10-15 0000000 \$.	100000/1500 00\$.

Висновки: обрано середню цінову категорію, оскільки занадто висока ціна відлякує споживача.

Таблиця 4.21.

Формування системи збуту

№ п / п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибин а каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу), або зміну кількості	Постачальник виконує такі основні функції: транспортування, складування, зберігання, доробка, просування до оптових і роздрібних торгових ланкам.	0 (без посередників)	Власна система збуту

Висновки: основними каналами збуту є підписка та продаж. Через відносно не велику цільову аудиторію немає сенсу використовувати підрядників для реалізації товару. Тому обрано нульовий рівень глибини каналу збуту та власна системи збуту.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 22).

Таблиця 4.22.

Концепція маркетингових комунікацій

№ п / п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Комплексний підхід; Доступність; Мобільність;	Інформування споживачів; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів;	Даний продукт є інноваційним та унікальним

Висновки до розділу

Першим кроком було відбір та висвітлення самої ідеї проекту. Для цього приведено назву проекту та можливі зацікавлені сторони, котрі будуть потенційними споживачами продукту та які саме ризики можуть бути під час реалізації. Аналіз слабких та сильних сторін дають можливість автору проекту визначити аспекти, на яких слід зробити ставку. Перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї дає можливість до уявлення конкурентноспроможності запропонованого рішення. Наступним кроком проводився технологічний аудит проекту. Під час аудиту автор отримує можливість до розуміння кращої технології виконання. Виявлено що більшість технологій вже існує, однак використання останніх не дасть можливості мати переваги над конкурентами. Зважаючи на стрімкий розвиток технологій, для швидкого отримання ресурсів та прибутків, слід обрати кооперацію, як форму ринкового впровадження проекту. Тобто, для того щоб встигнути за ринком, слід не розроблювати систему з нуля, оскільки це займе

доволі багато часу, а запропонувати лідерам ринку використання запропонованих програмних рішень. Звісно, це є альтернативою, оскільки в такому випадку ні одна зі сторін не отримає повного прибутку. Після аналізу всіх аспектів ринку, подальша імплементація проекту можлива. Але є одна важлива умова. Слід провести доволі сильну рекламну компанію, та донести до споживачів необхідність використання системи саме з підвищеною завадостійкістю та чому саме обрати нашу систему.